

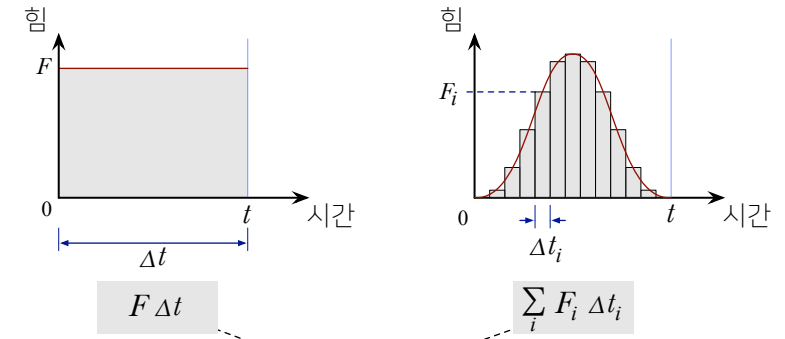
$\vec{v} \Rightarrow \vec{p}$... 운동량의 방향은 속도의 방향과 같다.

$p = mv$
 운동량 [kg · m/s] = 질량 [kg] · 속도 [m/s]

물체의 운동하는 정도
 (물체의 운동 상태를 정량적으로 나타내는 물리량)

운동량

충격량



넓이

$I = F \Delta t$
 충격량 [kg · m/s] = 힘 [kg · m/s²] · 시간 [s]
 [N · s] [N] [s]

충격력

물체가 받은 충격의 정도
 (물체에 힘이 가해져 운동량이 얼마나 변했는지를 나타내는 물리량)

물체에 m v_0 $p_0 = mv_0$
 힘이 작용하면 F m
 물체의 운동량이 변한다. m v $p = mv$

$F = ma$
 $a = \frac{v - v_0}{\Delta t}$
 $F = \frac{mv - mv_0}{\Delta t}$

$I = F \Delta t = \Delta p$

충격량 = 운동량 변화량

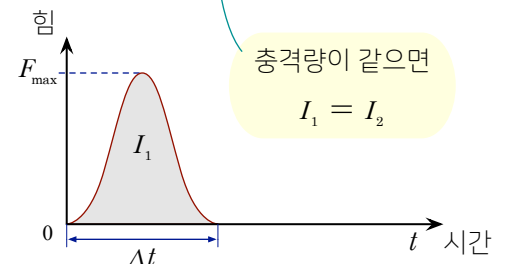
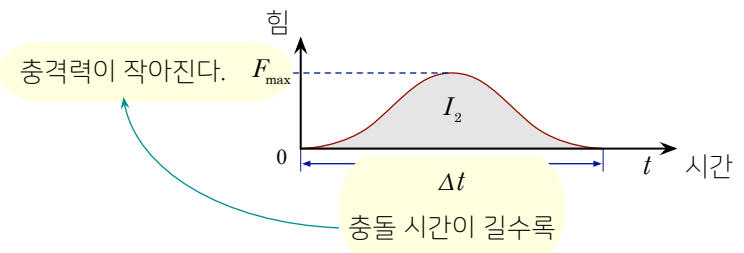
운동량 변화량 $\Delta p = p - p_0 = mv - mv_0$
 운동량 변화량의 방향 = 물체에 작용하는 힘의 방향

$\vec{F} \Rightarrow \Delta \vec{p}$

운동량 보존 법칙

물체에 m v_0 $p_0 = mv_0$
 외부의 힘이 작용하면 F m v_0
 물체의 운동량이 변한다. m v_0 $p = mv_0$
 $F = 0 \Rightarrow \Delta p = 0$

- isolated system 외부로부터 작용하는 알짜힘이 0
- 고립계에서 계를 이루는 모든 물체의 총 운동량은 각 물체의 운동량 총합 항상 일정하다.
- 분열이나 충돌의 종류와 상관없이

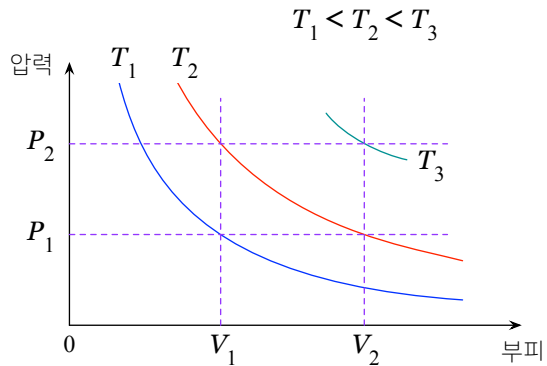


보일의 법칙

기체의 양과 온도가 일정할 때
압력과 부피는 서로 반비례한다.

이상 기체 방정식

$$P V = n R T$$



열역학 제1법칙

$$\Delta U = Q - W$$

기체의 내부 에너지 증가량은
기체가 외부로부터 흡수한 열량에서
기체가 외부에 한 일을 뺀 값과 같다.

기체가 흡수한 열량은
기체의 내부 에너지 증가량과
기체가 외부에 한 일의 합과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

열 에너지 }
내부 에너지 }
역학적 에너지 }

에너지는 전환될 뿐, 총량은 변하지 않는다.

에너지 보존 법칙

$Q < 0$ 방출한 열량
 $Q > 0$ 흡수한 열량

온도 증가 내부 에너지 증가
 $\Delta T > 0$ $\Delta U > 0$

$\Delta T < 0$ $\Delta U < 0$

온도 감소 내부 에너지 감소

부피 증가 외부에 한 일

$\Delta V > 0$ $W > 0$

$\Delta V < 0$ $W < 0$

부피 감소 외부로부터 받은 일

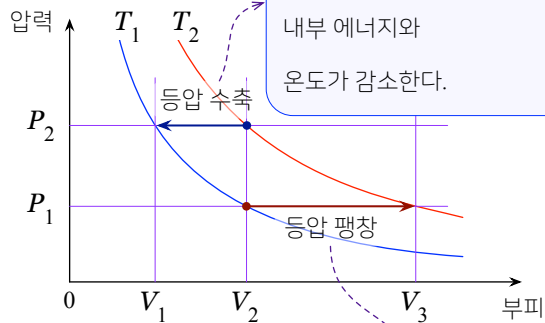
등압 과정

(압력 일정)

$$\Delta P = 0$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$\Delta U = Q - W$$



방출한 열량과
외부로부터 받은 일의 차이만큼
내부 에너지와
온도가 감소한다.

$$|Q| > |W|$$

흡수한 열량과
외부에 한 일의 차이만큼
내부 에너지와
온도가 증가한다.

등적 과정

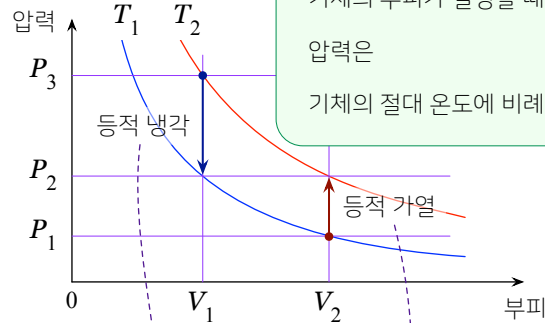
(부피 일정)

$$W = 0$$

$$\Delta V = 0$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = \Delta U$$



$P V = n R T$
기체의 부피가 일정할 때
압력은
기체의 절대 온도에 비례한다.

열 방출
내부 에너지 ↓
절대 온도 ↓
압력 ↓

열 흡수
내부 에너지 ↑
절대 온도 ↑
압력 ↑

등온 과정

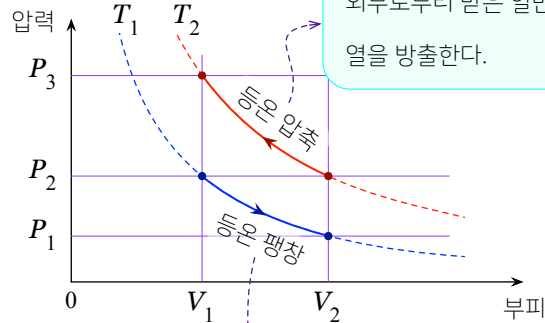
(온도 일정)

$$\Delta U = 0$$

$$\Delta T = 0$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = W$$



외부로부터 받은 일만큼
열을 방출한다.

흡수한 열량만큼
외부에 일을 한다.

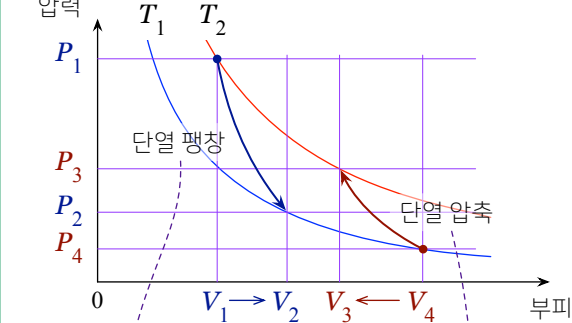
단열 과정

열의 흡수나 방출이 없다.

$$Q = 0$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$\Delta U = -W$$

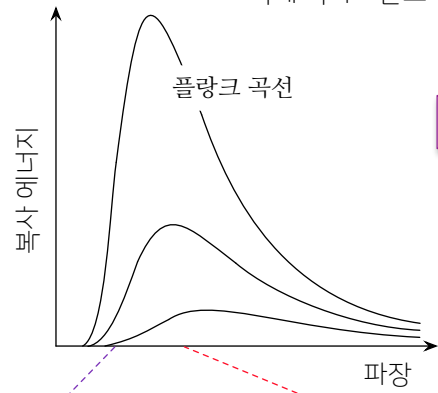


$W > 0$
내부 에너지 ↓
절대 온도 ↓
압력 ↓

$\Delta U = -W$
 $U \propto N T$
 $P V \propto T$

$W < 0$
내부 에너지 ↑
절대 온도 ↑
압력 ↑

흑체 복사 : 온도 T인 흑체에서 방출하는 복사

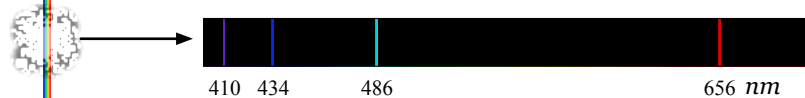


스펙트럼 : 파장에 따라 분해된 빛의 세기 분포



연속 스펙트럼

기체 (수소)



방출 스펙트럼



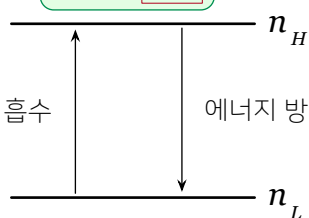
흡수 스펙트럼

에너지 준위 차이에
해당하는 파장으로
빛을 방출한다.

기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 나타난다.

에너지 준위 사이를 이동

전자의 전이



에너지 흡수

에너지 방출

$$E = |E_{n_H} - E_{n_L}|$$

광자의 에너지

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

h : 플랑크 상수

f : 진동수

λ : 파장

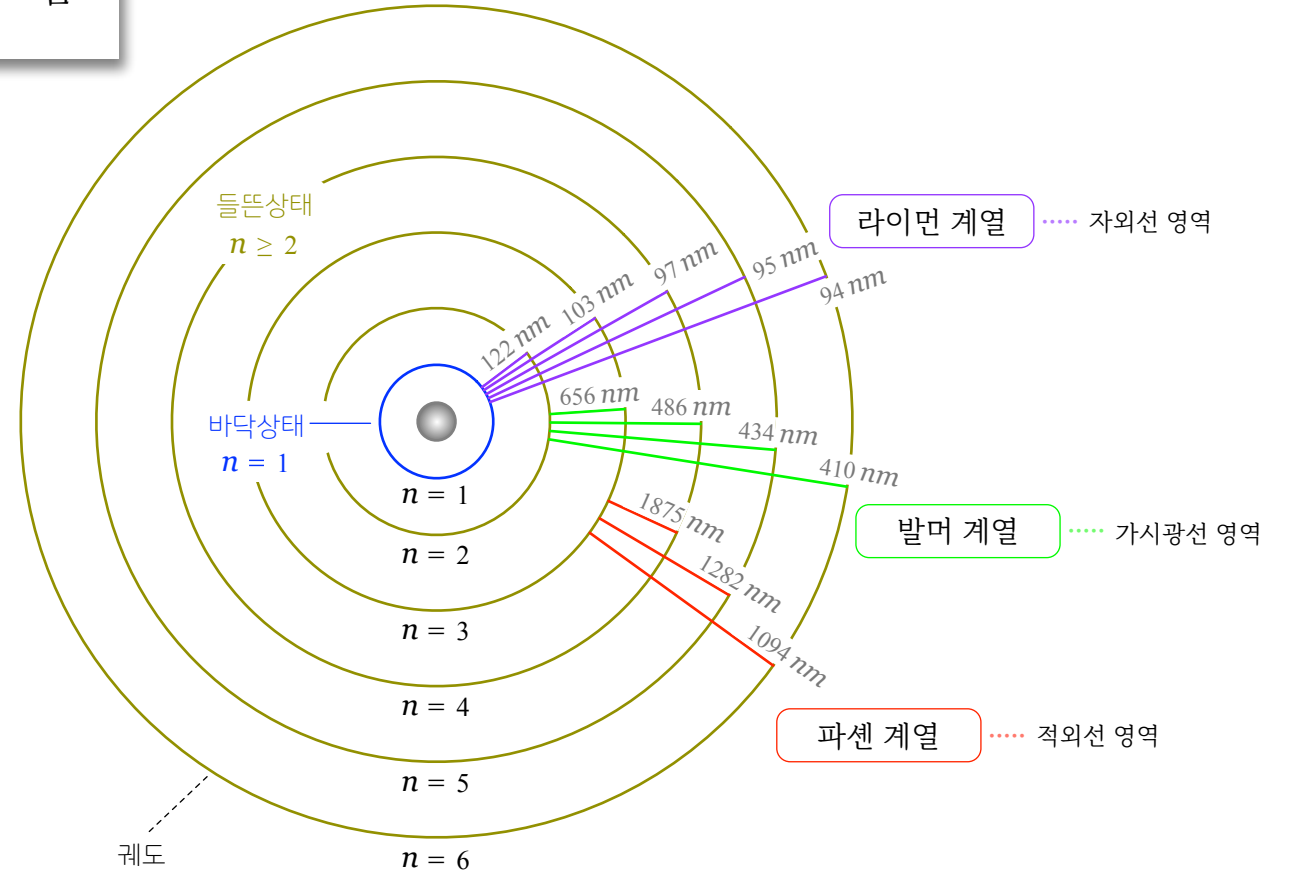
원자와 스펙트럼

보어의 원자 모형

전자는 원자핵을 중심으로 하는 특정 원궤도를 돈다.

궤도마다 양자화된 정해진 에너지를 가진다.

궤도를 옮길 때 에너지 준위 차이만큼의 빛을 흡수하거나 방출한다.



라이먼 계열 자외선 영역

발머 계열 가시광선 영역

파셴 계열 적외선 영역

궤도
오비탈

양자수

에너지 준위 : 전자가 가질 수 있는 특정한 에너지 값 또는 상태

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ [eV]}$$

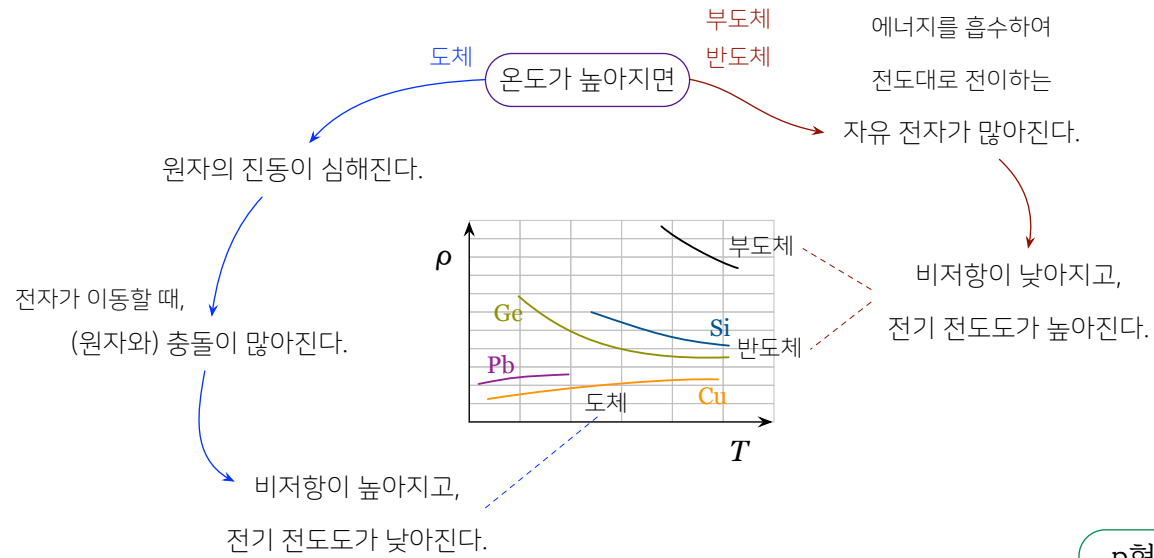
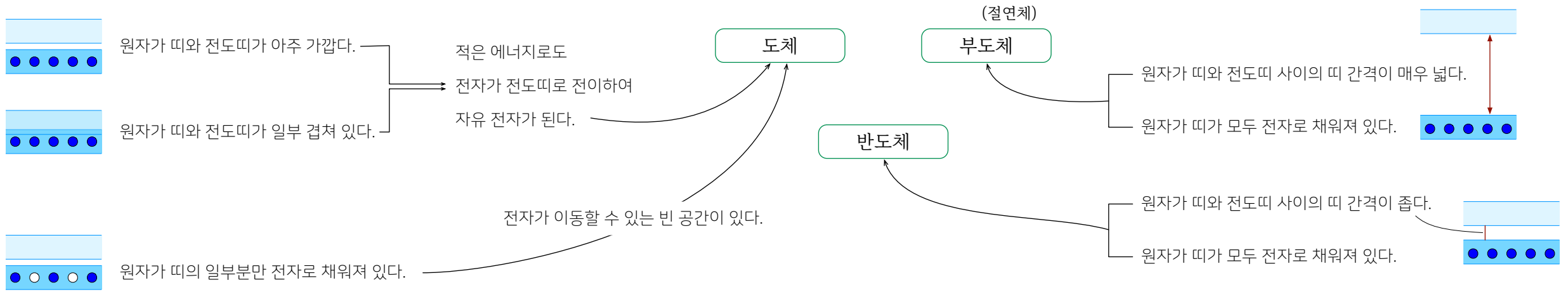
전자의 에너지는 연속적이지 않다.

선 스펙트럼

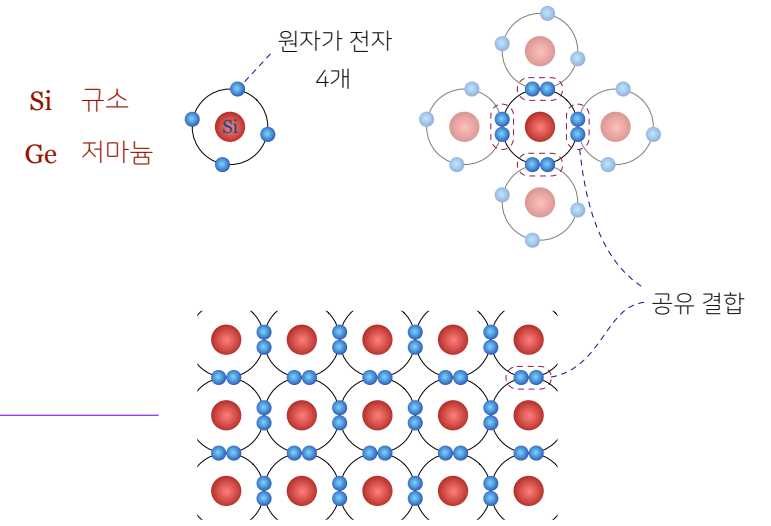
에너지의 양자화

에너지 준위 분포는 원자의 종류에 따라 다르다.

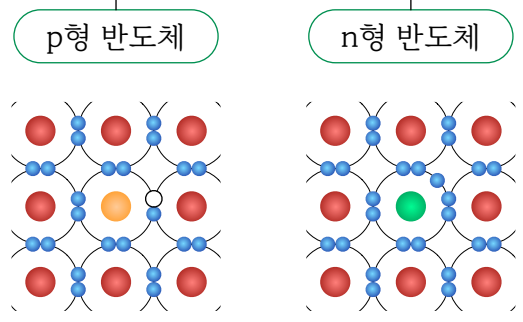
선 스펙트럼을 분석하여 원자의 종류를 알 수 있다.



반도체

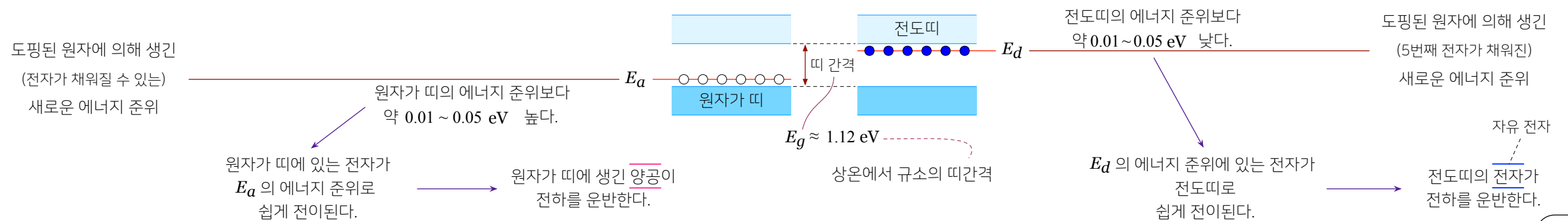


불순물 반도체



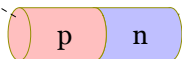
도체	반도체	부도체
↑	← 전기 전도도 →	↓
↓	← 전기 저항 →	↑

순수 반도체 (고유 반도체) (낮은 온도에서) 자유 전자의 수가 매우 적다.



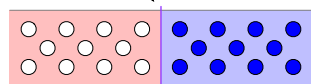
B Al Ga In Si Ge P As Sb
순수 반도체

p형 반도체 n형 반도체



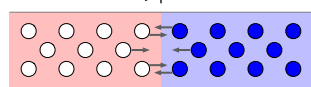
p-n접합 다이오드

접합면



p형 반도체에서 n형 반도체로 양공이 이동하여 전자와 결합한다.

양공

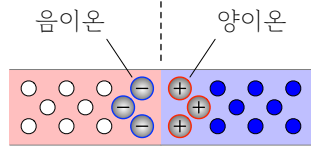


전자

n형 반도체에서 p형 반도체로 전자가 이동하여 양공을 채운다.

양공이 사라지고 음이온 원자가 남는다.

자유 전자가 사라지고 양이온 원자가 남는다.



양이온과 음이온 원자는 고체 내부에서 이동할 수 없다.

전류가 흐르지 못하는 층

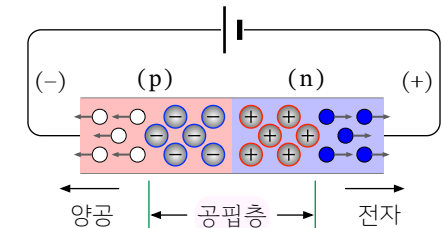
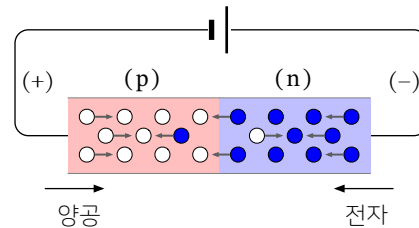
전하 운반자인 자유 전자나 양공이 없다.

전하가 전기력을 받기 때문에 양공이 n형 반도체 쪽으로 갈 수 없고 전자가 p형 반도체 쪽으로 갈 수 없다.

다이오드

순방향 전압

역방향 전압

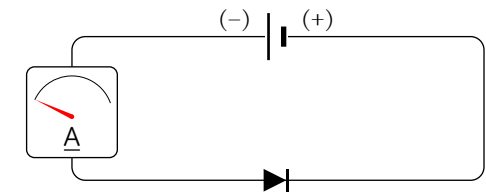
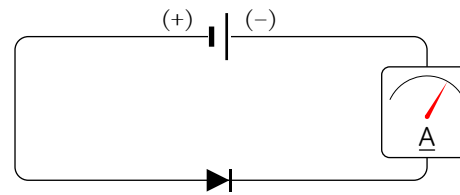
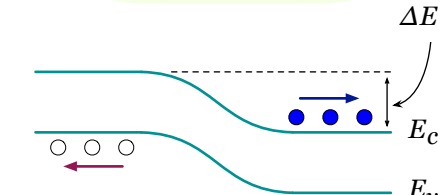
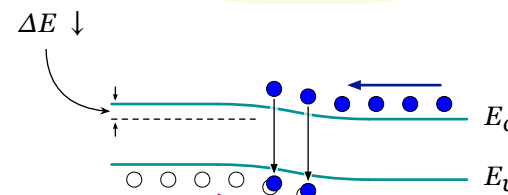


공핍층이 거의 사라진다.

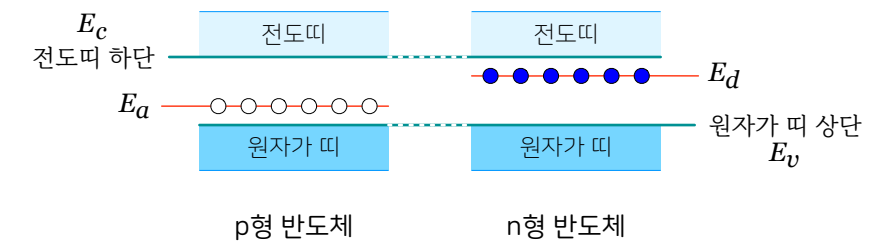
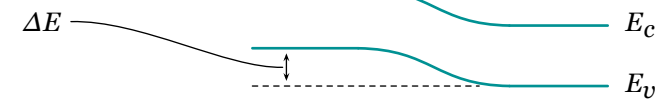
공핍층이 두꺼워진다.

전류가 흐른다.

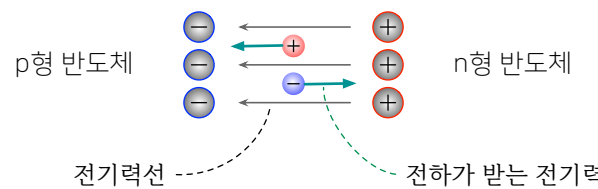
전류가 흐르지 않는다.



공핍층의 전기장때문에 생긴 에너지 차이 (전위차)



(이동할 수 없는) 양이온과 음이온 원자 사이에 전기장이 형성된다.



소리의 속력

$v_{\text{기체}}$		$v_{\text{액체}}$		$v_{\text{고체}}$	
공기	331	에탄올	1140	알루미늄	5100
산소	317	물	1490	구리	3560
헬륨	972	바닷물	1530	철	5130

(0 °C) [m/s]

기체에서의 음속은
기체의 온도가 높을수록
빠르다.

$v_{\text{고온}} > v_{\text{저온}}$

매질의 종류와 상태에 따라 파동의 속력이 결정된다.

매질이 달라지면 파동의 속력이 달라진다.

매질의 종류, 상태

$v \rightarrow \lambda \quad \lambda = \frac{v}{f}$

파동의 속력에 따라 파장이 달라진다.

파동의 진행 방향이 달라진다.

파동의 굴절

($\lambda = 589.29 \text{ nm}$) n

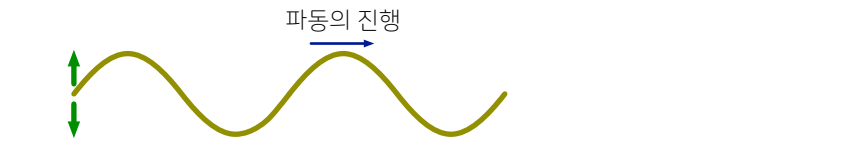
진공	1.00
0 °C 공기	1.0003
물	1.33
20 °C 에탄올	1.36
글리세린	1.47
상온 유리	1.5~1.9
금강석	2.42

파동의 속력 $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$

매질의 물리량 **굴절률** $n = \frac{c}{v}$

굴절률이 클수록 속력이 느리다. $v = \frac{c}{n}$

매질에서 빛의 속력에 대한 (진공에서 빛의 속력)의 비율

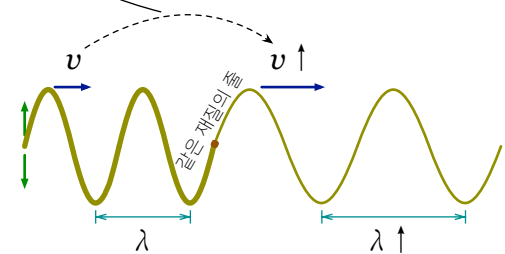


줄의 장력이 세고, 가벼울수록 파동의 속력이 빠르다.

굵은 줄보다 가는 줄이 가볍다.

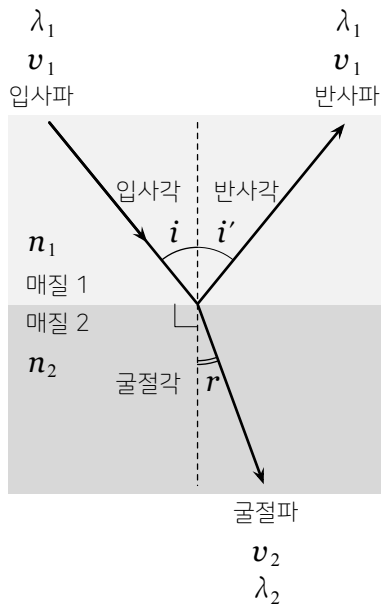
$f = \frac{1}{T}$

같은 진동수
같은 주기



$v = \frac{\lambda}{T} \quad \lambda = vT$

속력이 빨라지면 파장이 길어진다.



$n_1 = \frac{c}{v_1}$

$n_2 = \frac{c}{v_2}$

$n = \frac{c}{v}$

$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$

상대 굴절률

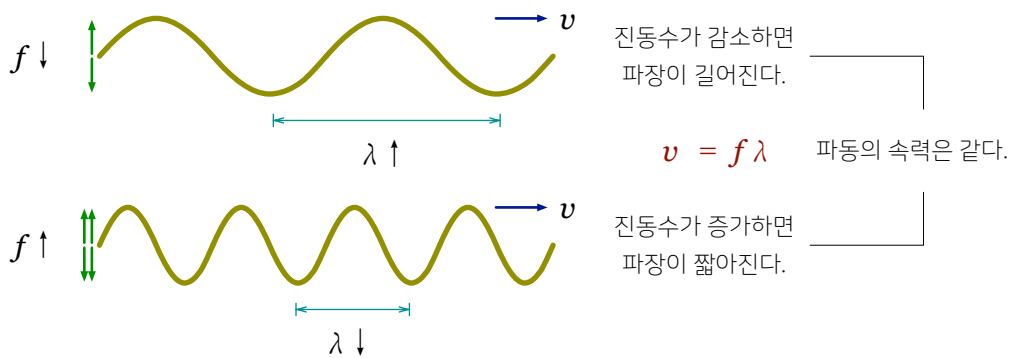
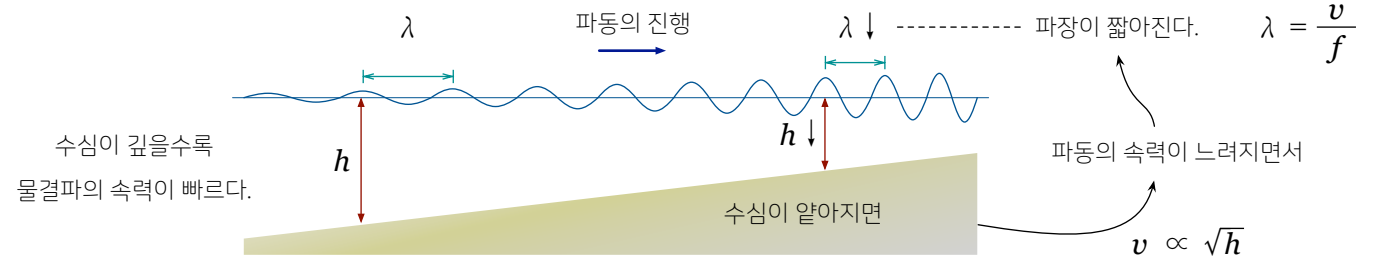
매질 1에 대한 매질 2의 굴절률
(빛이 아닌 파동에도 적용된다.)

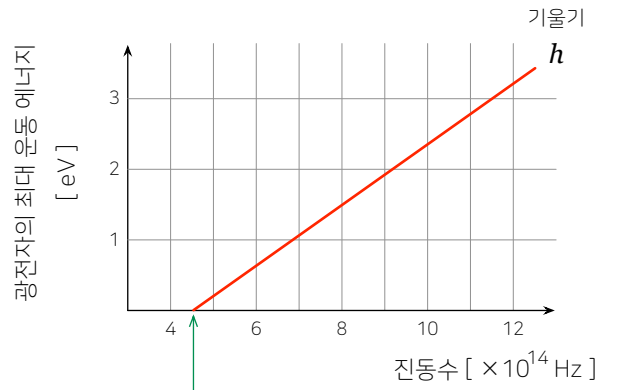
$n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$

파동의 속력과 굴절

물결파의 속력

$v \propto \sqrt{h}$

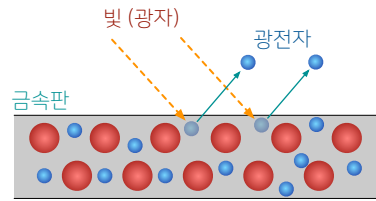




(한계 진동수)
문턱 진동수 ----- 금속에 따라 다르다.

진동수가 **특정한 진동수** 이상인 빛

광전 효과 : 금속에 빛을 비출 때 금속에서 전자가 방출되는 현상



빛을 비추는 세기나 시간을 증가시킬 때

- 빛이 파동이라면
누적된 에너지를 얻어 전자가 방출되어야 한다.
- 빛의 세기나 시간과 상관없이
문턱 진동수보다 작은 진동수의 빛에는 광전자가 나오지 않는다.

금속마다 전자가 튀어나올 때 필요한 에너지의 한계값이 있다.

문턱 진동수가 금속에 따라 다르다.
 광전자의 최대 운동 에너지는 (문턱 진동수보다 큰) 빛의 진동수에 비례한다.

1905년
 아인슈타인

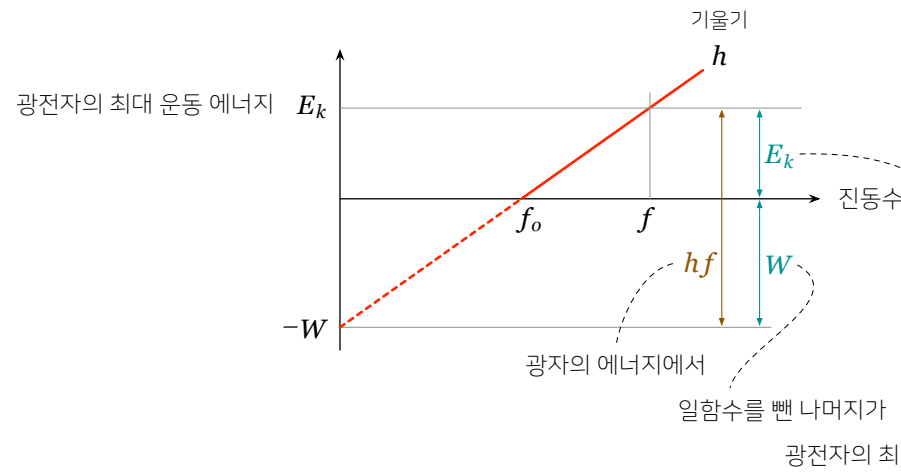
광양자설

빛은 입자의 흐름이다.
 광자

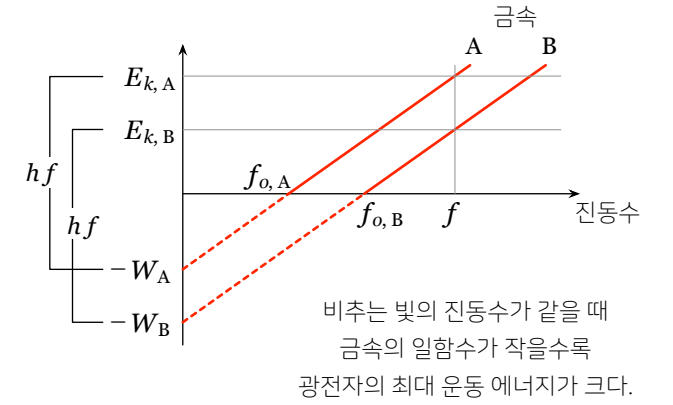
광자의 에너지는 진동수에 비례한다.

$$E = hf$$

플랑크 상수 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$



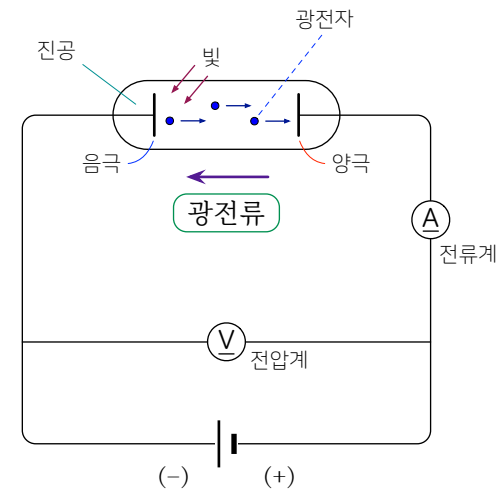
$W = hf_0$
일함수 ----- 문턱 진동수
 금속에서 전자가 나오기 위해 필요한 에너지



비추는 빛의 진동수가 같을 때
 금속의 일함수가 작을수록
 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

$E_k = hf - W$
 $= hf - hf_0$
 일함수가 같을 때
 동일한 금속판에 빛을 비출 때
 빛의 진동수가 클수록
 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

빛의 입자성



진공 상태의 광전관에서
 음극의 금속판에
 문턱 진동수 이상의 빛이 닿으면
 광전자가 방출되어
 양극으로 이동한다.
 광전류가 흐른다.

광전 효과의 이용

- 화재 경보기
- 도난 경보기
- 디지털 카메라
- 자동문